

corresponding article of
of CN1293486A

09031-28 7p

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-119262

(P2001-119262A)

(43) 公開日 平成13年4月27日 (2001. 4. 27)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 3 H 9/17
9/205

識別記号

F I

H 0 3 H 9/17
9/205

テームト (参考)

A 5 J 1 0 8

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平11-294491

(22) 出願日 平成11年10月15日 (1999. 10. 15)

(71) 出願人 000006231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72) 発明者 山本 隆

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式
会社村田製作所内

(74) 代理人 100094019

弁理士 中野 雅房

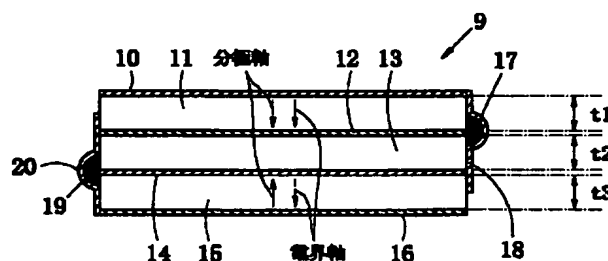
Fターム (参考) 5J108 AA07 BB04 CC04 CC13 DD05
FF11 FF13

(54) 【発明の名称】 圧電共振子

(57) 【要約】

【課題】 同じ共振周波数であれば、より寸法を小さくでき、しかも、端子間容量の大きな圧電共振子を提供する。

【解決手段】 3層のセラミック圧電基板11、13、15の間に2層の内部電極12、14を挟み込み、積層された圧電基板11、13、15及び内部電極12、14の表裏両主面にそれぞれ表面電極10、16を形成する。中央の圧電基板13は分極処理せず、その両側の圧電基板11、15は主面と垂直な方向で、かつ分極方向が互いに反対向きとなるように分極処理する。さらに、側面に接続用電極18を設けて表面電極10及び内部電極14を電氣的に導通させる（絶縁材料17によって内部電極12とは絶縁する）。また、他方の接続用電極20は表面電極16及び内部電極14と電氣的に導通させ、側面に形成された絶縁材料19によって中間の内部電極12とは絶縁する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 4層以上の電極と3層以上の圧電体層とを積層し、該圧電体層のうち少なくとも2層を前記電極と垂直な方向に分極させた圧電共振子であって、一部の圧電体層においては該圧電体層の分極方向と同じ向きに電界が発生し、他の一部の圧電体層においては該圧電体層の分極方向と異なる向きに電界が発生するように前記電極どうしを接続したことを特徴とする圧電共振子。

【請求項2】 偶数層の電極と奇数層の圧電体層が積層され、中央の圧電体層は分極しておらず、その片側で分極方向と電界の向きとが同じ向きとなり、もう一方の片側で分極方向と電界の向きとが反対向きとなるように前記電極どうしを接続したことを特徴とする、請求項1に記載の圧電共振子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、圧電共振子やラダーフィルタ等に用いられる圧電共振子に関し、具体的にいうと、端子間容量の大きな屈曲振動による圧電共振子に関する。

【0002】

【従来の技術】300～800kHz帯の共振子としては、従来はセラミック圧電体の拡がり振動を利用していた。図1(a)は拡がり共振子1の構造を示す斜視図、図1(b)はその分極軸及び電界軸の構成を示す側面図である。この拡がり共振子1は、正方形をした1層の圧電基板2の表裏両主面に表面電極3を設け、圧電基板2全体を両主面と垂直な方向に分極処理したものである。従って、表面電極3間に印加される電界の方向（電界軸）も両主面と垂直で分極軸と平行となっている。このような拡がり振動子1では、両表面電極3間に信号を印加すると、両主面と平行な面内において圧電基板2がその外周方向に向けて伸縮変形する。

【0003】この拡がり共振子1では、その一辺の長さ L_s と共振周波数 f_r との積は概ね一定であり、

$$L_s \times f_r = A_s \quad \dots \textcircled{1}$$

となる。ここで、 A_s は定数（周波数定数）であって、 $A_s \approx 2100 \text{ mm kHz}$ である。例えば、共振周波数が $f_r = 450 \text{ kHz}$ の共振子を得ようとすれば、その1辺の長さは、 $L_s = 4.67 \text{ mm}$ となる。

【0004】電子部品の世界においては、ますます軽薄短小化が進んでいるので、このような拡がり共振子では、その小型化、軽量化のみならず低コスト化の要求にも応じ難く、このような寸法は到底許容し得ないサイズであった。

【0005】また、図2は、直列共振子7a、7bと並列共振子8a、8bからなる2段構成のラダーフィルタ6を示し、図3はその減衰量特性を示している。このようなラダーフィルタ6の特性としては、図3に示す保証

減衰量 $Att.$ をできるだけ大きくする必要がある。直列共振子7a、7bの端子間容量を C_1 とし、並列共振子8a、8bの端子間容量を C_2 とすると、2段構成のラダーフィルタ6の保証減衰量 $Att.$ は、

$$Att. = 2 \times 20 \log (C_2 / C_1) \quad \dots \textcircled{2}$$

で表されるから、保証減衰量 $Att.$ を大きくするためには、並列共振子8a、8bの端子間容量 C_2 を大きくし、直列共振子7a、7bの端子間容量 C_1 を小さくする必要がある。しかし、並列共振子8a、8bとして上記のような拡がり共振子1を用いた場合には、以下に述べるような理由から、端子間容量 C_2 を大きくすることは困難であった。

【0006】図1(a)に示したような拡がり共振子1の端子間容量 C_s は、その一辺の長さを L_s 、圧電基板の比誘電率を ϵ 、厚みを t とすると、

$$C_s = (\epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot L_s^2) / t \quad \dots \textcircled{3}$$

で表される。ここで、 ϵ_0 は真空中の誘電率であって、 $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ である。

【0007】拡がり共振子1の共振周波数 f_r が決まると、その拡がり共振子1の一辺の長さ L_s が決まる（前記①式参照）から、端子間容量 C_s は圧電基板2の厚み t と比誘電率 ϵ だけで決まることになる。

【0008】拡がり共振子1の端子間容量 C_s を大きくするためには、圧電基板2の比誘電率 ϵ を大きくするか、その厚み t を薄くする必要がある。ところが、圧電基板2の比誘電率 ϵ は、圧電基板2の材料に固有の定数であって、任意に選択できるものでなく、また圧電基板材料を変えると他の特性にも影響が生じる。また、圧電基板2の厚み t を薄くすると、破壊強度が小さくなり、拡がり共振子1が破損し易くなるので、その選択範囲には限界があった。

【0009】従って、ラダーフィルタの並列共振子としては、端子間容量の大きな共振子が求められているにも拘わらず、端子間容量の大きな拡がり共振子を得ることが困難であった。それどころか、上記定数 C_s に相当する定数の小さな圧電共振子が開発され、圧電共振子の小型化が可能になったとすると、その結果端子間容量が小さくなるので、並列共振子として用いた場合には、ラダーフィルタの保証減衰量は悪くなってしまう。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上述の技術的問題点を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、同じ共振周波数であれば、より寸法を小さくでき、しかも、端子間容量の大きな圧電共振子を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の圧電共振子は、4層以上の電極と3層以上の圧電体層とを積層し、該圧電体層のうち少なくとも2層を前記電極と垂直な方向に分極させた圧電共振子であって、一部の圧電体

層においては該圧電体層の分極方向と同じ向きに電界が発生し、他の一部の圧電体層においては該圧電体層の分極方向と異なる向きに電界が発生するように前記電極どうしを接続したことを特徴としている。

【0012】請求項2に記載の圧電共振子は、請求項1に記載した圧電共振子において、偶数層の電極と奇数層の圧電体層が積層され、中央の圧電体層は分極しておらず、その片側で分極方向と電界の向きとが同じ向きとなり、もう一方の片側で分極方向と電界の向きとが反対向きとなるように前記電極どうしを接続したことを特徴としている。

【0013】

【作用】請求項1に記載した圧電共振子にあっては、分極方向と電界方向とが同じ向きの圧電体層は中心方向に縮まり、分極方向と電界方向とが異なる向きの圧電体層では外縁方向に拡がるので、圧電共振子全体としては屈曲振動する。このような屈曲振動の圧電共振子にあっては、その1辺の長さ共共振周波数との積が拡がり共振子と比較して小さくなるので、同じ周波数帯域の圧電共振子であれば、圧電共振子の寸法を小さくすることができる。しかも、この圧電共振子にあっては、4層以上の電極を有しているので、これらの各電極間に端子間容量を形成することができ、端子間容量を大きくすることができる。しかも、各圧電体層は積層されているので、強度を低下させることなく各圧電体層の厚みを薄くすることができ、より一層圧電共振子の端子間容量を大きくできる。

【0014】請求項2に記載の圧電共振子にあっては、中央の圧電体層を分極させず、その片側で分極方向と電界の向きとが同じ向きとなり、もう一方の片側で分極方向と電界の向きとが反対向きとなっているから、大きな屈曲振動を得ることができる。また、分極していない圧電体層を挿入することによって強度を低下させることなく他の圧電体層を薄くでき、より端子間容量を大きくできる。

【0015】

【発明の実施の形態】（第1の実施形態）図4は本発明の一実施形態による圧電共振子9を示す斜視図、図5はその断面図であって、この圧電共振子9は例えば300kHz～800kHzの周波数帯域においてセラミック*40

$$C_b = (\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot L_b^2) (1/t_a + 1/t_b + 1/t_c) \quad \dots ④$$

で表される。ここで、 ε_0 は真空中の誘電率である。

【0019】いま、同じ圧電材料（ ε の値が同じ）で、寸法が等しく（ $L_b = L_s$ ）、厚みも等しい（ $t_a + t_b + t_c = t$ ）拡がり共振子1とこの屈曲共振子9とを比較 ※

$$C_b = (\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot L_b^2) (9/t)$$

$$= 9 C_s$$

よって、本発明の屈曲共振子9では、同じ大きさ、同じ厚みの拡がり共振子1と比較して9倍の端子間容量を得ることができる。また、圧電体層11、13、15の厚

* 発振子として用いられるものである。この圧電共振子9は、正方形をした3層のセラミック圧電体層11、13、15の間に2層の内部電極12、14を挟み込み、積層された圧電体層11、13、15及び内部電極12、14の表裏両主面にそれぞれ表面電極10、16を形成したものである。中央の圧電体層13は分極しておらず、その両側の圧電体層11、15は主面と垂直な方向で、かつ分極方向が互いに反対向きとなるように分極処理を施されている。なお、分極方向は、図5において実線矢符で示すように、中央の圧電体層13を挟んで内向きになっていてもよく、中央の圧電体層13を挟んで外向きになっていてもよい。

【0016】さらに、この圧電共振子9においては、両側面に接続用電極18、20が設けられている。一方の接続用電極18は1層おきの表面電極10及び内部電極14と電気的に導通しており、側面に形成された絶縁材料17によって中間の内部電極12とは絶縁されている。また、他方の接続用電極20は一層おきの表面電極16及び内部電極12と電気的に導通しており、側面に形成された絶縁材料19によって中間の内部電極14と絶縁されている。

【0017】従って、両表面電極10、16に図5に波線矢符で示すような向きに電圧を印加すると、一方の圧電体層11内部では電界方向と分極方向とが同じ向きとなって圧電体層11は中心方向へ縮み、他方の圧電体層15内部では電界方向と分極方向とが反対向きとなって圧電体層15は外縁方向に拡がる。その結果、両表面電極10、16間に信号（高周波電界）を印加すると、両圧電体層11、15はいずれも拡がり振動して外縁方向と中心方向に伸縮しようとするが、その伸張と収縮の位相が反転しているため、全体としては圧電共振子9が湾曲して両主面が交互に凹凸を繰り返すように変形する

（以下、これを屈曲振動といい、本発明の圧電共振子9を屈曲共振子という）。

【0018】このように3層構造の屈曲共振子9では、その1辺の長さを L_b 、圧電体層11、13、15の比誘電率を ε 、各圧電体層11、13、15の厚みを t_1 、 t_2 、 t_3 とすると、その端子間容量 C_b は次の④式で表される。

※すると、拡がり共振子1の端子間容量は③式で表される。これに対し、屈曲共振子9の各圧電体層11、13、15の厚みが等しいとすると（ $t_a = t_b = t_c = t/3$ ）、その端子間容量は次の④'式となる。

$$\dots ④'$$

みを薄くしても、これらが積層されて全体の厚みに変わりが無いので、強度も変わりが無い。

【0020】したがって、図2に示したようなラダーフ

ィルタに用いられている並列共振子8a、8bを拵がり共振子1から3層構造の屈曲共振子9に交換すると、ラ*

$$\Delta \text{Att.} = 2 \times 20 \log (C_b / C_s) = 38.2 \text{ [dB]} \quad \dots \textcircled{5}$$

なお、従来の手法である誘電率 ϵ の異なる材料を選んだり、直列共振子と並列共振子の厚みを変えるなどの方法を組み合わせれば、より広範に容量比や保証減衰量を設計することが可能になる。

【0021】また、この屈曲共振子9でも、1辺の長さ L_b と共振周波数 f_r との積は概ね一定であって、

$$L_b \times f_r = A_b$$

となる。ここで、この周波数常数は、

$$A_b \approx 430 \text{ mm kHz}$$

である。

【0022】この屈曲共振子9の周波数定数 A_b は、拵がり共振子1の周波数定数 A_s に比べて約0.3倍(= A_b / A_s)であるから、同じ共振周波数 f_r に対しては、屈曲共振子9の1辺の長さ L_b は拵がり共振子1の1辺の長さ L_s の約0.3倍となる。従って、この屈曲共振子9と拵がり共振子1を比較すると、1辺の長さで屈曲共振子9は拵がり共振子1の約1/3.3以下となり、面積で約1/10となる。よって、同一共振周波数 f_r であれば、屈曲共振子9を用いることにより、拵がり共振子1に比べて共振子サイズを大幅に小さくすることができる。

【0023】また、上記のように同じ共振周波数 f_r の拵がり共振子1と屈曲共振子9を比較すると、屈曲共振子9では面積が約1/10倍($L_b^2 = L_s^2 / 10$)となり、各圧電体層11、13、15の厚みが1/3($t_a = t_b = t_c = t / 3$)であるとする、屈曲共振子9の端子間容量 C_b は拵がり共振子1の端子間容量 C_s の約9/10倍となり、サイズが約1/10になったにも拘わらず、ほぼ同等な端子間容量が得られる。さらに、厚みが同じでも寸法が小さくなった分だけ、強度は向上する。

【0024】つぎに、上記屈曲共振子9の製造方法を説明する。まず、導電ペーストの厚膜印刷による内部電極12a、14aと圧電材料からなるグリーンシート11a、13a、15aを積層して焼成した後、その両面に外部電極10a、16aを形成することによって図6

(a)に示すような親基板21を形成し、その端面に内部電極12a、14aと導通した端子電極22を形成する。この状態で両外部電極10a、16aと端子電極22の間に電界を加えることにより、図6(a)に矢印で示すような向きに分極処理を施す。ついで、図6(b)に示す矢印線に沿って親基板21を短冊状にカットして図6(c)に示すような短冊状の親基板23を得る。ついで、この短冊状の親基板23を図6(d)に示す矢印線に沿ってカットし、図6(e)に示すような単体の圧電共振子24を得る。ついで、この圧電共振子24の端面において、図5に示すように絶縁材料17、19で内

* ダーフィルタの保証減衰量は次の⑤式で表されるように、38.2 dBだけ大きくなる。

部電極12又は14の端を覆い、絶縁材料17、19の上から圧電共振子9の端面に接続用電極18、20を形成する。これによって図4に示すような屈曲共振子9が多数個一度に生産される。

【0025】(第2の実施形態)図7(a)は本発明の別な実施形態による圧電共振子31の分極処理工程を示す図、図7(b)はその駆動状態を示す図である。この圧電共振子31にあつては、5層(7層以上の奇数層でもよい)の圧電体層33、35、37、39、41と4層(6層以上の偶数層でもよい)の内部電極34、36、38、40を積層し、その両面に表面電極32、42を形成している。分極処理工程においては、図7

(a)に示すように、表面電極32、42及び内部電極36、38を電氣的に接続し、また内部電極34、40を電氣的に接続し、両者の間に電圧を印加することにより、中央の圧電体層37は分極させず、その上下の圧電体層33、35、39、41を分極処理している。この後、図7(b)に示すように、表面電極32及び内部電極36、40を接続用電極で電氣的に接続し、また内部電極34、38及び表面電極42を接続用電極で電氣的に接続すれば、中央の圧電体層37よりも上の圧電体層33、35では分極軸と電界軸が同じ向きとなり、中央の圧電体層37よりも下の圧電体層39、41では分極軸と電界軸が異なる向きとなるので、圧電共振子31は屈曲振動することになる。このような構造によれば、表面電極32、42と内部電極34、40の間、内部電極34、36、38、40どうしの間に端子間容量が生じるので、より一層大きな端子間容量を得ることができ

る。

【0026】(第3の実施形態)図8(a)は本発明の別な実施形態による圧電共振子51の分極処理工程を示す図、図8(b)はその駆動状態を示す図である。この圧電共振子51にあつては、偶数層(例えば、4層)の圧電体層53、55、57、59と奇数層(例えば、3層)の内部電極54、56、58を積層し、その両面に表面電極52、60を形成している。分極処理工程においては、図8(a)に示すように、表面電極52、60及び内部電極56を電氣的に接続し、また内部電極54、58を電氣的に接続し、両者の間に電圧を印加することにより、すべての圧電体層53、55、57、59を分極処理している。この後、図8(b)に示すように、表面電極52及び内部電極56、58を接続用電極で電氣的に接続し、また内部電極54及び表面電極60を接続用電極で電氣的に接続すれば、上半分の圧電体層53、55では分極軸と電界軸が同じ向きとなり、一番下層の圧電体層59では分極軸と電界軸が異なる向きとなるので、圧電共振子51は屈曲振動することになる。

このような構造にしても表面電極52、60と内部電極54、58の間、内部電極54、56、58どうしの間に端子間容量が生じるので、大きな端子間容量を得ることができる。

【0027】なお、図7又は図8の実施形態においては、分極処理時の配線と駆動時の配線を逆にしてもよい。しかし、図示のような配線とすれば、駆動時に両表面電極に信号を印加できるので、圧電共振子を納めるケースやパッケージの構造を簡単にすることができる。

【0028】また、図9は2層の圧電体層63、65の間に内部電極64を挟んで積層し、その両表面に外部電極62、66を形成した屈曲振動の圧電共振子61である。この圧電共振子61は本発明の圧電共振子と同様、拡がり振動による圧電共振子に比べて寸法を大幅に小さくできるが、同じ大きさ、同じ厚み、同じ圧電材料であれば、本発明の圧電共振子に比べて端子間容量が小さい。したがって、この圧電共振子61を直列共振子とし、本発明の圧電共振子を並列共振子として図2のようなラダーフィルタ（3段以上でもよい）を構成すれば、保証減衰量が大きくて小さなラダーフィルタを製作することができる。

【0029】

【発明の効果】請求項1に記載した圧電共振子によれば、端子間容量の大きな屈曲振動の圧電共振子を製作することができ、小形で端子間容量の大きな圧電共振子を得ることができる。よって、ラダーフィルタの並列共振子に用いれば、保証減衰量を大きくできる。

【0030】また、請求項2に記載の圧電共振子によれば、中央の圧電体層を分極させず、その片側で分極方向と電界の向きとが同じ向きとなり、もう一方の片側で分極方向と電界の向きとが反対向きとなっているから、大*

* きな屈曲振動を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】（a）は従来の拡がり共振子の構造を示す斜視図、（b）はその分極軸と電界軸の方向を示す側面図である。

【図2】ラダーフィルタの回路構成を示す図である。

【図3】同上のラダーフィルタの特性を示す図である。

【図4】本発明の一実施形態による圧電共振子の斜視図である。

10 【図5】同上の圧電共振子の拡大断面図である。

【図6】（a）は親基板の分極処理工程を示す斜視図及び断面図、（b）は親基板の第1のカッティング工程を示す斜視図、（c）はカットされた親基板を示す斜視図、（d）は親基板の第2のカッティング工程を示す斜視図、（e）は得られた圧電共振子を示す斜視図である。

【図7】（a）は本発明の別な実施形態による圧電共振子の分極処理方法を説明する図、（b）は該圧電共振子の駆動方法を説明する図である。

20 【図8】（a）は本発明のさらに別な実施形態による圧電共振子の分極処理方法を説明する図、（b）は該圧電共振子の駆動方法を説明する図である。

【図9】2層構造の屈曲振動の圧電共振子を示す斜視図である。

【符号の説明】

10、16 表面電極

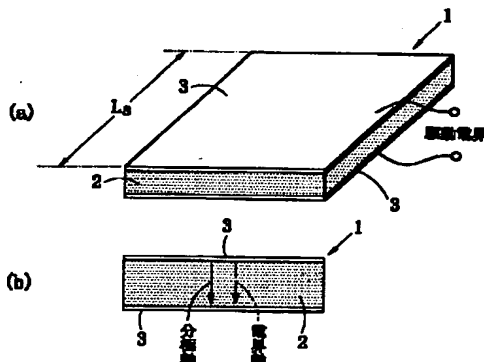
11、13、15 圧電体層

12、14 内部電極

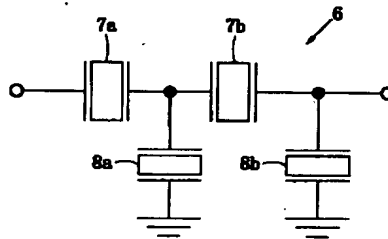
17、19 絶縁材料

30 18、20 接続用電極

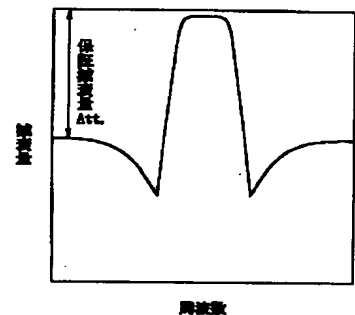
【図1】



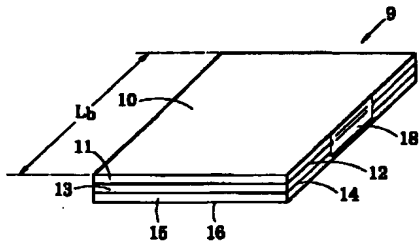
【図2】



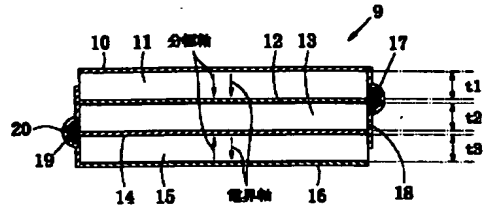
【図3】



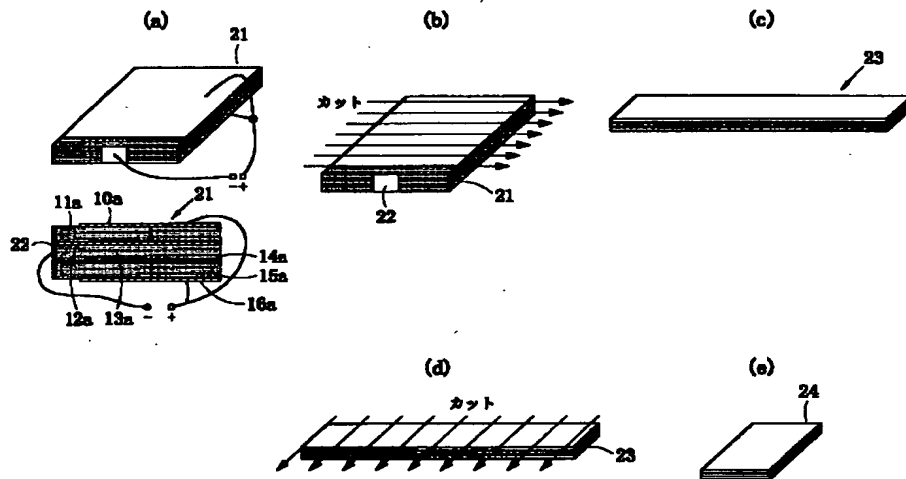
【図4】



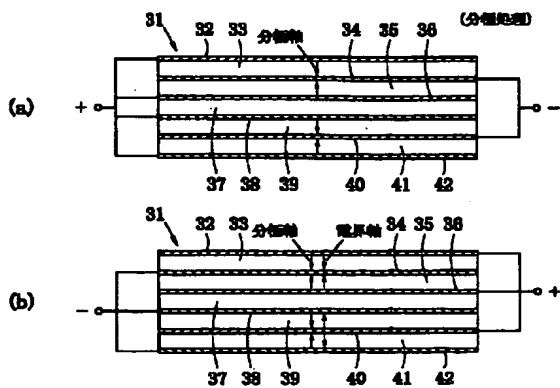
【図5】



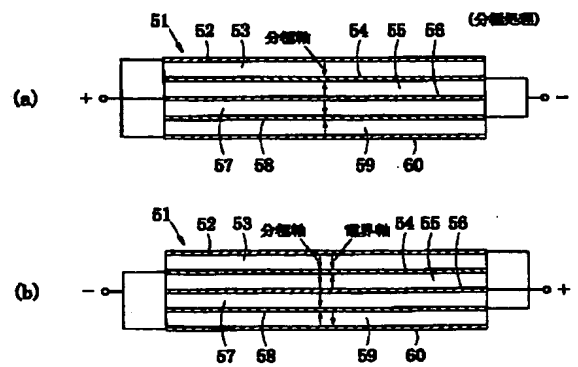
【図6】



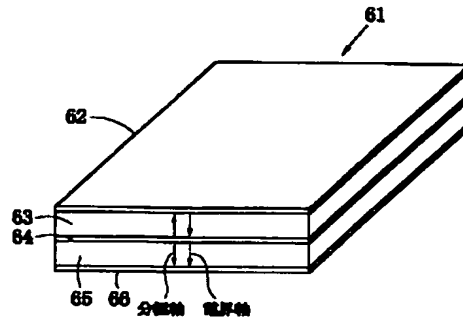
【図7】



【図8】



【図9】



【手続補正書】

【提出日】平成11年11月5日（1999. 11. 5）

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0026

【補正方法】変更

【補正内容】

【0026】（第3の実施形態）図8（a）は本発明の別な実施形態による圧電共振子51の分極処理工程を示す図、図8（b）はその駆動状態を示す図である。この圧電共振子51にあっては、偶数層（例えば、4層）の圧電体層53、55、57、59と奇数層（例えば、3層）の内部電極54、56、58を積層し、その両面に表面電極52、60を形成している。分極処理工程にお

いては、図8（a）に示すように、表面電極52、60及び内部電極56を電氣的に接続し、また内部電極54、58を電氣的に接続し、両者の間に電圧を印加することにより、すべての圧電体層53、55、57、59を分極処理している。この後、図8（b）に示すように、表面電極52及び内部電極56、58を接続用電極で電氣的に接続し、また内部電極54及び表面電極60を接続用電極で電氣的に接続すれば、上半分の圧電体層53、55では分極軸と電界軸が同じ向きとなり、一番下層の圧電体層59では分極軸と電界軸が異なる向きとなるので、圧電共振子51は屈曲振動することになる。このような構造にしても表面電極52、60と内部電極54、58の間、内部電極54と56の間に端子間容量が生じるので、大きな端子間容量を得ることができる。